

舒子倩,石宇,吴虑,等. 短时强降水对剑河县城市内涝风险影响分析[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(4): 98-102.

短时强降水对剑河县城市内涝风险影响分析

舒子倩¹, 石宇², 吴虑³, 杨胜忠⁴, 李舒颖¹

(1. 贵州省剑河县气象局, 贵州 剑河 556400; 2. 贵州省贵阳市环境信息中心, 贵州 贵阳 550002;
3. 贵州省凯里市气象局, 贵州 凯里 556000; 4. 贵州省黔东南苗族侗族自治州气象局, 贵州 凯里 556000)

摘要:城市内涝的发生与气象条件紧密相关, 强降水是致灾的关键因素。通过分析剑河县城降雨变化趋势, 结合城区的易涝点及历史积水资料, 得到内涝灾害风险的分布特征及演变规律, 制定内涝风险预警服务指标, 为气象服务提供支撑。通过对剑河县国家气象观测站 2007—2021 年降水数据进行分析, 剑河县城降水主要集中在 4—9 月, 该时段大雨以上量级降水出现日数呈增多趋势, 近 15 a 来 1 h 最大降水量呈逐年波动增加趋势, 也是剑河县城短时强降水、大雨、暴雨的集中高发期。结合 DEM 数字高程数据得到的易积水路段点及历史积水内涝资料分析, 当小时雨强达到 20 mm 且未来降水持续时, 有积水达到 10~20 cm 的风险, 对行人造成影响; 小时雨强超过 30 mm 时, 有积水超过 20 cm 的风险, 对车辆及低洼路段建筑影响较大; 小时雨强超过 50 mm 时, 将出现 30 cm 以上积水, 对过往车辆及低洼段建筑影响很大。

关键词:降水; 短时强降水; 积水; 内涝

中图分类号: P426.616 **文献标识码:** B

Impact of Short - Term Heavy Rainfall on Urban Waterlogging Risk in Jianhe County

SHU Ziqian¹, SHI Yu², WU Lyu³, YANG Shengzhong⁴, LI Shuying¹

(1. Jianhe Meteorological Bureau of Guizhou Province, Jianhe 556400, China;
2. Guiyang Environmental Information Centre of Guizhou Province, Guiyang 550002, China;
3. Kaili Meteorological Bureau of Guizhou Province, Kaili 556000, China; 4. Qiandongnan Miao and Dong Autonomous Prefecture Meteorological Bureau of Guizhou Province, Kaili 556000, China)

Abstract: The occurrence of urban waterlogging is closely related to meteorological conditions, and heavy precipitation is the key factor causing disasters. By analyzing the rainfall change trend of Jianhe County, combining the waterlogging prone points and historical waterlogging data in the urban area, the distribution characteristics and evolution rules of waterlogging disaster risk are obtained, and the waterlogging risk early warning service indicators are formulated to provide meteorological service. Based on the analysis of the precipitation data of Jianhe County National Meteorological Observation Station from 2007 to 2021, the precipitation in Jianhe County is mainly concentrated in April to September. During this period, the number of days of heavy rain and above magnitude precipitation increases, and the maximum precipitation in 1 h in the past 15 years fluctuates and increases year by year, which is also the concentrated period of short - term strong precipitation, heavy rain and hard rain in Jianhe County. Based on the analysis of waterlogging data of road sections and historical waterlogging data obtained from DEM digital elevation data, when the hourly rainfall intensity reaches 20 mm and the future rainfall continues, there is a risk of water accumulation reaching 10~20 cm, which will affect the passing of pedestrians; when the hourly rainfall intensity exceeds 30 mm, there is a risk of water accumulation exceeding 20 cm, which has a great

收稿日期: 2022 - 07 - 19

第一作者简介: 舒子倩(1993—), 女, 助工, 主要从事综合气象业务工作, E-mail: 740054646@qq.com。

impact on vehicles and low-lying road construction; when the hourly rainfall intensity exceeds 50 mm, there will be more than 30 cm of water accumulation, which has a great impact on passing vehicles and low-lying buildings.

Key words: precipitation; short-term heavy precipitation; stagnant water; waterlogging

0 引言

城市化发展和气候变化使得城市洪涝灾害问题日益严重^[1],城市内涝已成为中国城市防灾减灾体系和城市水资源管理中亟待解决的问题,并制约着社会可持续发展^[2]。全球变暖引起气候变化,区域气候变化和城市化发展也同时改变了城市降水格局,城市化引起的城市“热岛效应”和“雨岛效应”增加了城市降雨频率与强度,直接诱发了城市暴雨内涝,而造成内涝的客观原因是大强度的降雨^[3-4]。

剑河县城在2007年建成搬迁,随着县城的发展和人民生活需求的日益增长,剑河县城管网排水能力已逐渐无法满足当前的排水需求,特别是当强降水发生时,地表径流超过城市管网排水能力,就会导致城市内涝灾害的发生,造成不同程度的人员伤亡和城市基础设施的损坏,严重影响着城市运行及人民生活^[5-10]。

通过分析剑河县城降雨变化趋势,结合城区的易涝点及历史积水资料,得出内涝灾害风险的分布特征及演变规律,开展气象条件致灾关键环节的研究,有助于剑河县内涝灾害气象决策服务更加精细化,为加强城市灾害的应急处置和应对防范能力体系建设提供气象服务支撑。

1 资料与方法

采用2007—2021年剑河县国家气象观测站台

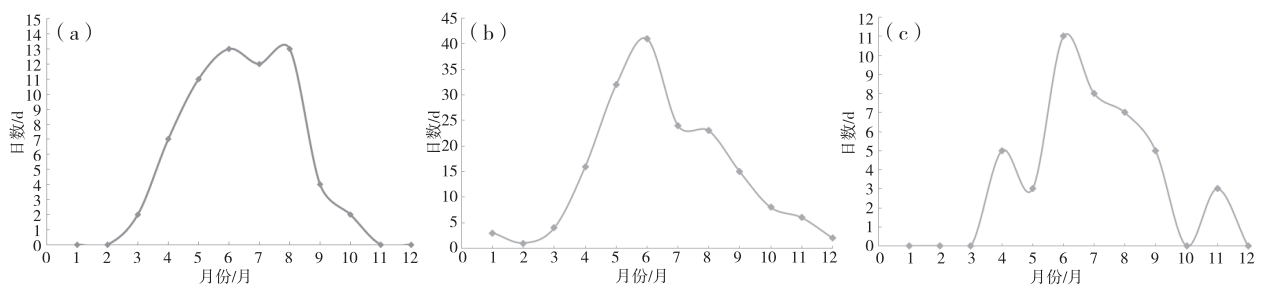


图2 2007—2021年剑河县各月短时强降水(a)、大雨级别以上(b)和暴雨级别以上(c)出现总日数

Fig. 2 The total number of days with short-term strong precipitation(a), heavy rain levels or above(b) and rainstorm level or above(c) in each month of Jianhe from 2007 to 2021

2.2 降雨日数及雨强变化

据统计,2007—2021年剑河出现大雨(降雨量 ≥ 25 mm)的日数为175 d,出现暴雨(降雨量 ≥ 50 mm)的日数为42 d,其中4—9月大雨以上量级天数

站降水数据、DEM数字高程数据地理资料及2019—2021年剑河县城易涝点道路积水观测数据。利用趋势分析方法、回归分析法分析降水季节变化、降雨日数、雨强等特征;使用ArcGIS对剑河县城高程数据DEM进行道路积水区的提取;结合降雨分析、道路积水区分析、历史积水资料^[11],研究短时强降水对剑河城区的积水影响。

2 强降水变化特征

2.1 降水季节变化

研究逐月降水变化趋势发现(图1),近15 a来降水主要集中在4—9月,占全年降水的74.5%,该时段也是剑河县城短时强降水、大雨、暴雨的集中高发期(如图2所示)。

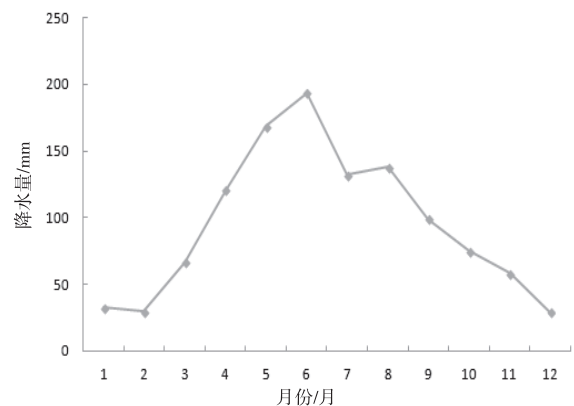


图1 剑河县降水量逐月变化

Fig. 1 Monthly variation of precipitation in Jianhe

为151 d,占比86%,暴雨级别以上天数为39 d,占93%,说明在4—9月为剑河降水主要时期。如图3所示,4—9月暴雨以上级别出现日数呈逐年减少趋势,但大雨出现日数呈增多趋势。经统计,在大雨

级别以上降水天数中,3 h内达到大雨及以上量级的天数为77 d,占比44%,而1 h内达到大雨及以上的天数为35 d,占比20%。

在降雨量方面,近15 a来1 h最大降水量呈逐年波动增加趋势,且主要发生在4—9月,与剑河主要降雨期相一致,其中达到20 mm降水集中发生在20~45 min时段的发生频次最高(表1及图4、图5所示)。

从短时强降水量逐年变化来看,短时强降水量逐年波动增加,加之强降水发生的时间短,降水汇流造成城市管道排水压力大,导致排水不及时低洼地带积水现象。当积水深度达到20 cm时,步行困难;积水深度超过30 cm时,自行车、小汽车行进困难,交通受阻。因此,短时强降水与城市积水内涝紧密相关。

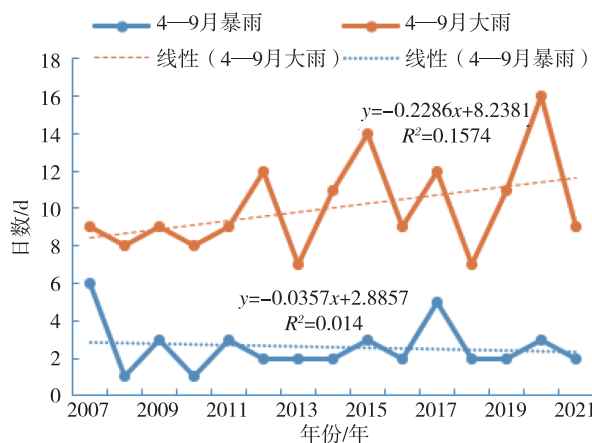


图3 剑河县2007—2021年4—9月大雨、暴雨以上级别天数及线性趋势

Fig. 3 Days and linear trend of heavy rain and rainstorm above level from April to September of 2007 to 2021 in Jianhe

表1 剑河县城历年各短历时强降水最大值及各历时短时强降水出现次数

Tab. 1 The maximum value of short-term strong precipitation in Jianhe over the years and the number of occurrences of short-term strong precipitation in each period

历时时段	5 min	10 min	20 min	30 min	45 min	60 min
降水最大值/mm	22.1	41.1	52.7	53	55.7	56.8
最大值出现日期	2018-04-13	2018-04-13	2018-04-13	2019-04-24	2019-04-24	2019-04-24
≥20 mm 的出现次数	1	4	18	11	14	7

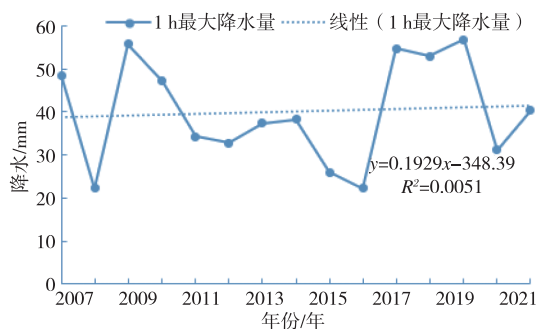


图4 2007—2021年1 h最大降雨量变化趋势

Fig. 4 Trend of 1-hour maximum rainfall variation from 2007 to 2021

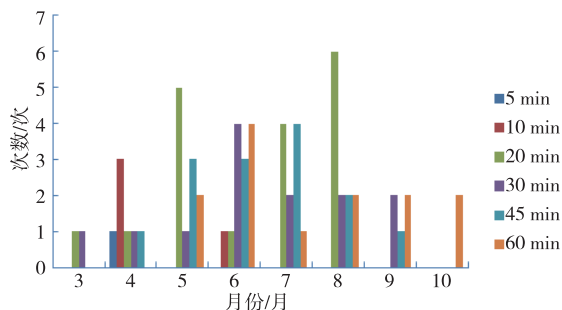


图5 2007—2021年短时强降水(降水量20 mm · h⁻¹以上)出现次数统计

Fig. 5 Statistics on the number of occurrences of short-term heavy precipitation (with a precipitation of over 20 mm · h⁻¹) from 2007 to 2021

3 城市内涝风险评估

3.1 道路积水区提取

使用 ArcGIS 对剑河县城高程数据 DEM 进行道路积水区的提取,地理信息数据处理技术路线如图6所示。

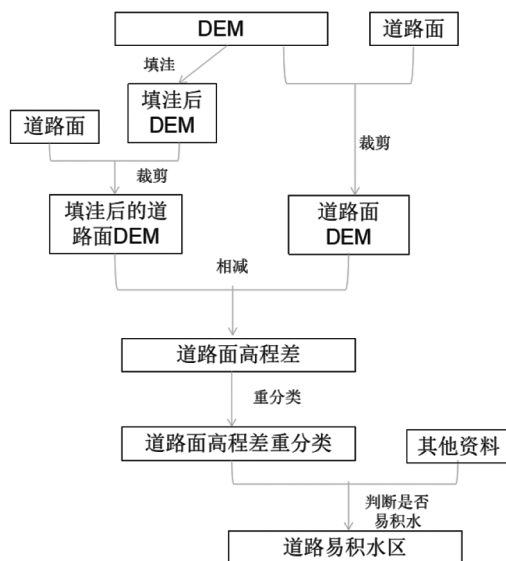


图6 地理信息数据处理技术路线
Fig. 6 Geographic information data processing technology route

图7为重分类后的高程差图,图中颜色越深、图例上数字越大,代表道路积水的可能性越大。由图所示,剑河城区可能出现的道路积水区有:仰阿莎西大道至汽车站门口一带、民族医院至荷花小区之

间道路、体育馆西侧、广场路两侧、中国农行门口、常驰温泉大酒店门口、城关一小门口至老客车站、革东大道。



图7 重分类后的道路高程差 DEM

Fig.7 The elevation difference after reclassification

经与历史实况核对,仰阿莎西大道至汽车站门口一带、民族医院至荷花小区之间道路、体育馆西侧、广场路两侧、城关一小门口至老客车站、革东大道等路段,确实存在强降雨时道路积水情况。

3.2 降雨对县城积水的影响

短时强降水造成剑河县城积水内涝的详细记录并不多。对剑河县城易涝区域开展积水监测,并选定城关一小门口至老客车站积水点的积水数据作为主要内涝分析数据(见表2)。例如2018年4月13日剑河县城出现强降雨天气,5 min降水22.1 mm,20 min降水52.7 mm,造成县城严重内涝,城关一小旁积水深度超过30 cm,对居民工作生活出行都造成了严重影响。2020年5月11日早上剑河县城同样出现短时强降雨天气,降水仅造成道路积水,积水深度约10 cm,并未造成严重内涝,但仍需要将易积水路段路边排水沟的雨水篦子打开加速排水。

几次积水内涝记录表明,当短时强降水发生时,易造成县城易积水路段积水^[11],需要采取相应

措施加速排水;短时强降水发生的时间越短,积水严重程度深,甚至会演变成内涝,需要及时采取抽水排水等措施,避免对居民生产生活造成严重影响。

由于目前历史积水内涝记录较为缺乏,仅可初步确定当小时雨强达到20 mm以上时,剑河县易涝路段将出现10~20 cm积水,对居民出行影响较大,需加强监测并提示相关部门注意易积水路段可能出现积水风险;当小时雨强超过30 mm时,将出现20 cm以上积水,对过往车辆及低洼段建筑影响较大,需及时联系相关部门建议在易积水路段采取相应排水措施,避免出现积水内涝情况影响居民工作生活,同时开展公众服务提醒居民注意出行安全^[11];当小时雨强超过50 mm时,将出现30 cm以上积水,对过往车辆及低洼段建筑影响很大,行驶车辆应当就近到安全区域暂避,避免将车辆停放在低洼易涝等危险区域,如遇严重水浸等危险情况应立即弃车逃生。相关应急处置部门和抢险单位应当严密监视灾情,做好内涝可能引发的其他灾害应急抢险救灾工作。

表2 剑河县城关一小积水点积水内涝记录各短历时降水量及积水深度

Tab.2 Record of water accumulation and waterlogging at the waterlogging point of the first primary school in Jianhe

历时时段	5 min	10 min	20 min	30 min	45 min	60 min	最大积水深度/cm
2018-04-13	22.1	41.1	52.7	53	53.0	53.0	32
2019-04-24	13.7	22.7	38.5	49.8	50.5	50.5	38
2019-05-26	8.7	15.5	24.7	28.6	28.8	28.8	17
2020-05-11	5.0	9.4	14.6	17.8	20.1	23.0	10
2020-06-23	10.2	17.0	25.0	25.7	25.8	25.8	15
2021-08-19	7.4	13.7	25.1	30	31.8	32.6	23
2021-09-07	5	7.8	14.8	21.4	30.9	40.3	28

根据以上结论,剑河县气象局初步制定了内涝风险预警服务指标(表3)并运用于本地气象服务业务,由于积水内涝记录较为匮乏,后续需继续加强

对短时强降水造成城市积水内涝的相关观测记录,进一步优化预警服务内容。

表3 剑河县城市内涝气象风险预警指标及其服务流程

Tab.3 Meteorological risk warning indicators and service processes for urban waterlogging in Jianhe

预警级别	预警指标	服务流程
城市内涝气象 风险黄色预警	1 h 内降雨量将达 20 mm 或已达 20 mm	1. 提醒相关部门进入城市内涝戒备状态,关注降雨最新消息。做好低洼、易涝地区的排水防涝工作准备。 2. 提醒社会公众应当注意道路积水和交通阻塞,确保安全。
城市内涝气象 风险橙色预警	1 h 内降雨量将达 30 mm 或已达 30 mm	1. 提醒相关部门进入城市内涝防御状态,关注降雨最新消息。对积水地区实行交通疏导和排水防涝,并对低洼地段室外供电设施采取安全防范措施。 2. 提醒社会公众应当尽量绕开积水路段,避免穿越水浸道路,避免将车辆停放在低洼易涝等危险区域。 3. 提醒学校延迟上学、放学,上学、放学途中的学生应当就近到安全场所暂避。
城市内涝气象 风险红色预警	1 h 内降雨量将达 50 mm 或已达 50 mm	1. 提醒相关部门进入城市内涝紧急状态,关注降雨最新消息。对积水地区实行交通疏导和排水防涝,并对低洼地段室外供电设施采取安全防范措施。 2. 提醒社会公众应当尽量绕开积水路段,避免穿越水浸道路,避免将车辆停放在低洼易涝等危险区域。 3. 提醒学校停课,未启程上学的学生不必到校上课,到放学时间未放学的暂缓放学,上学、放学途中的学生应当就近到安全场所暂避。 4. 提醒相关单位、人员停止户外活动,人员应当留在安全场所暂避

4 结论

剑河县城降水主要集中在4—9月,占全年降水的74.5%,该时段也是剑河县城短时强降水、大雨、暴雨的集中高发期。

4—9月暴雨以上级别出现日数呈逐年减少趋势,但大雨出现日数呈增多趋势。近15 a来1 h最大降水量呈逐年波动增加趋势,且主要发生在4—9月,与剑河主要降雨期相一致,其中短时强降水集中发生在20~45 min时段的发生频次最高。

利用ArcGIS系统并结合实际城市地形,提取剑河易积水路段,结合历史信息确定易对居民生活造成影响的积水点为:仰阿莎西大道至汽车站门口一带、民族医院至荷花小区之间道路、体育馆西侧、广场路两侧、城关一小门口至老客运站、革东大道。

积水内涝记录表明,当短时强降水发生时,易造成县城易积水路段积水,需要采取相应措施加速易积水路段排水;短时强降水发生的时间越短,积水严重程度会逐步加深,甚至会演变成内涝,需要及时采取抽水排水等措施,避免对居民生产生活造成严重影响^[11]。根据目前积水内涝记录,当小时雨强达到20 mm且未来降水持续时,有积水达到10~20 cm的风险,对行人过往造成影响,需加强监测并提示相关部门注意易积水路段可能出现积水风险;小时雨强超过30 mm时,有积水超过20 cm以上的风险,对车辆及低洼路段建筑影响较大,需及时联系相关部门建议在易积水路段采取相应排水措施,避免出现积水内涝情况影响居民工作生活,同时开展公共服务提醒居民注意出行安全;当小时雨强超

过50 mm时,有积水超过30 cm以上的风险,对过往车辆及低洼段建筑影响很大,行驶车辆应当就近到安全区域暂避,避免将车辆停放在低洼易涝等危险区域,如遇严重水浸等危险情况应当立即弃车逃生。相关应急处置部门和抢险单位应当严密监视灾情,做好内涝可能引发的其他灾害应急抢险救灾工作。

参考文献

- [1] 宋晓猛,张建云,贺瑞敏,等.北京城市洪涝问题与成因分析[J].水科学进展,2019,30(2):3-15.
- [2] 陈倩云,余弘婧,高学睿,等.当前我国城市内涝问题归因分析与应对策略[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2019,40(1):59-67.
- [3] 王萃萃,翟盘茂.中国大城市极端强降水事件变化的初步分析[J].气候与环境研究,2009(5):101-108.
- [4] 孙激.北京地区暴雨气候特征及其变化分析[J].气候与环境研究,2010,15(5):672-676.
- [5] 薛丰昌,张嫣然,田娟,等.厦门岛内涝灾害风险评估制图[J].图学学报,2019,40(2):111-117.
- [6] 洪国平,万君,柳晶辉,等.武汉城区短时暴雨内涝数值模拟研究[J].暴雨灾害,2018,37(1):83-89.
- [7] 吴亚玲,李辉.深圳城市内涝成因分析[J].广东气象,2011,33(5):39-41.
- [8] 李茵茵,张维,温晶,等.2009年3月28日广州大暴雨的物理过程分析[J].广东气象,2011,33(4):7-11.
- [9] 鲁渊平,杜继稳.气候变化与城市发展对城市气象灾害的影响及对策[J].灾害学,2008,23(增刊):7-10.
- [10] 郭雪梅,任国玉,郭玉喜,等.我国城市内涝灾害的影响因子及气象服务对策[J].灾害学,2008,23(2):50-53.
- [11] 杨芳园,段燕楠,潘娅婷,等.昆明市主城区城市内涝短临预警指标研究[J].云南地理环境研究,2018,30(4):68-73.
- [12] 王君军,周林,王彪.贵阳市汛期短时强降水时空分布特征[J].中低纬山地气象,2022,46(2):39-45.
- [13] 杨平,杨再禹,谢家豪.三穗汛期强降水特征及地形影响分析[J].中低纬山地气象,2022,46(3):69-73.